



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

**0 197 555  
B1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift: 01.08.90

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: F 22 B 1/00, F 22 B 3/04

⑦① Anmeldenummer: 86104859.3

⑦② Anmeldetag: 09.04.86

⑤④ Dampferzeuger.

③② Priorität: 11.04.85 DE 3512947

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
15.10.86 Patentblatt 86/42

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
01.08.90 Patentblatt 90/31

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
EP-A-0 088 375  
BE-A- 397 331  
DE-A-2 920 233  
FR-A- 613 951  
GB-A- 333 922  
GB-A- 463 738  
US-A-4 390 062

⑦③ Patentinhaber: Deutsche Forschungsanstalt für  
Luft- und Raumfahrt e.V.  
Linder Höhe Postfach 90 60 58  
D-5000 Köln 90 (DE)

⑦⑦ Erfinder: Ramsaler, Manfred  
Langes Eck 7  
D-7156 Neulautern (DE)  
Erfinder: Sternfeld, Hans J., Prof. Dr.-Ing.  
Im Bannholz 38  
D-7109 Jagsthausen (DE)  
Erfinder: Wolfmüller, Karlheinz, Dr.-Ing.  
Friedrich-Pfeil-Strasse 6  
D-7519 Eppingen-Adelshofen (DE)

⑦④ Vertreter: Hoeger, Stellrecht & Partner  
Uhlandstrasse 14 c  
D-7000 Stuttgart 1 (DE)

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European patent convention).

Courier Press, Learnington Spa, England.

**EP 0 197 555 B1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Dampferzeuger mit den im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmalen.

Aus der GB-A-469 738 ist ein Dampferzeuger bekannt, bei dem Wasser unter Druck in den Verbrennungsraum eingespritzt wird.

Es ist auch ein Dampferzeuger bekannt, bei dem das zugeführte Wasser praktisch unter demselben Druck zugeführt wird, der im Reaktionsraum herrscht (DE-A-2 426 872). Dabei wird das Kühlwasser in einer äußeren, den Ringraum umgebenden Schale erwärmt und verdampft und strömt als reiner Wasserdampf durch eine innere, unmittelbar an den Ringraum angrenzende Schale zu den Einspritzöffnungen. Eine effektive Kühlung des Ringraums läßt sich dabei nicht erreichen, da unmittelbar angrenzend an den Ringraum dieser nur von dampfförmigem Wasser umströmt wird. Um eine Überhitzung der Brennkammerwand zu vermeiden, wird daher bei diesem bekannten Dampferzeuger vorgeschlagen, mehrere Brennkammern abwechselnd in Betrieb zu nehmen. Dies ist eine aufwendige Lösung, außerdem können die Brennkammern dabei nicht im Gleichgewicht betrieben werden.

Der beschriebene Dampferzeuger ist ein Großgerät, mit dem unter sehr hohen Temperaturen stehender Dampf mit hohem Druck erzeugt wird. Er ist nur für diesen Einsatzzweck geeignet, kann jedoch nicht für Dampferzeuger kleiner Abmessungen verwendet werden, beispielsweise für Dampferzeuger in der Größenordnung einer Länge von 15 cm und für geringe Drücke in der Größenordnung von 2 bis 15 Bar. Außerdem bietet die dampfförmige Umströmung des Reaktionsraumes keine ausreichende Kühlung für die Wände des Reaktionsraumes.

Ausgehend von diesem bekannten Dampferzeuger liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einerseits eine möglichst kurze Bauform eines Verdampfers zu erhalten und andererseits dafür zu sorgen, daß ein Dampferzeuger geschaffen wird, der möglichst reinen Wasserdampf erzeugt, wobei in dem Wasserdampf weder unverbrannte Reaktionspartner noch flüssige Wasserteilchen enthalten sein sollen.

Diese Aufgabe wird bei einem Dampferzeuger der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer verbundenen inneren Ringraum und einen dazu nachgeschalteten, ebenfalls coaxial zur Reaktionskammer angeordneten, äußeren Ringraum umfaßt und daß zwischen den beiden Ringräumen die Strömungsverengung angeordnet ist. Durch diese Maßnahme wird einerseits eine effektive Kühlung der Reaktorwand aufgrund des flüssigen Wassers erreicht, andererseits führt die Strömungsverengung zwischen den beiden Ringräumen zu einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Wasser-Dampf-Gemisches. Eine solche Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, die im übrigen bereits im Bereich der

Einspritzöffnungen selbst stattfindet, führt zu einer erhöhten Relativgeschwindigkeit zwischen Wasserdampf einerseits und den flüssigen Wassertröpfchen andererseits. Diese unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit fördert den Verdampfungsvorgang der Wassertröpfchen, so daß durch diese Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und durch eine anschließende Drosselung ebenfalls die Homogenisierung des Dampfes gefördert wird. Die Verengung wirkt außerdem als Drossel, so daß durch die beim Durchströmen der Drossel auftretende Entspannung, die beispielsweise zu einer Halbierung des Wasserdampfdruckes führen kann, eine spontane Verdampfung etwa noch flüssig vorliegender Partikel erfolgt.

Bei Brennern für fossile Brennstoffe, bei denen in die heißen Brenngase Wasser zum Zwecke der Verdampfung eingespritzt wird, ist es zwar bereits bekannt, den Einspritzraum zu verengen und daran eine sich erweiternde Kammer anzuschließen (FR-A-662 772), jedoch ist diese bekannte Vorrichtung nicht mit einem Wasserstoff-Sauerstoffbrenner vergleichbar, bei dem als Brenngas ebenfalls Wasserdampf entsteht. Bei der bekannten Vorrichtung, die beispielsweise mit Gas oder Öl geheizt wird, entstehen vielmehr Mischungen von Wasserdampf mit den Rauchgasen. Darüber hinaus erfolgt die Verdampfung bei der bekannten Vorrichtung in einem sich verengenden Reaktionsraum und nicht in der sich daran anschließenden vergrößerten Kammer.

Günstig ist es, wenn die Kühlkanäle die Reaktionskammer wendelförmig umgeben, dadurch ergibt sich eine besonders lange Erwärmzeit für das Kühlwasser in der Wand der Reaktionskammer.

Günstig ist es weiterhin, wenn die Einspritzöffnungen entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer gerichtet sind.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Einspritzöffnungen Teil einer Dralldüse sind, in die die Kühlkanäle so exzentrisch einmünden, daß das Dampf-Wasser-Gemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer in Rotation versetzt wird.

Bei einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle durch die Poren eines porösen die Reaktionskammer umgebenden Einspritzkörpers gebildet werden, beispielsweise durch ein Sintermetallrohr.

In allen Fällen ist es vorteilhaft, wenn der Verdampferraum über einen Auslaß mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist. Der Querschnitt kann dabei in der Form ausgebildet sein, daß der Druck des austretenden Dampfes den jeweiligen Erfordernissen angepaßt ist.

Der beschriebene Dampferzeuger kann besonders vorteilhaft zur Erzeugung von Wasserdampfpulsen verwendet werden, wie sie beispielsweise bei der Sterilisation des Inhalts von Konservendosen verwendet werden. Es kann dazu vor-

gesehen sein, daß der Verdampferraum über einen intermittierend verschließbaren Auslaß an einen Dampfverbraucher anschließbar ist, beispielsweise eine Sterilisierstation in einer Konserveverpackungsanlage.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Auslaß mittels eines federbelasteten Auslaßventils verschlossen ist, das bei Überschreiten eines bestimmten Druckes des Wasserdampfes in dem Verdampferraum entgegen der Wirkung einer Feder in die Offenstellung verschiebbar ist. Allein durch die Steuerung der Wasserstoff-Sauerstoff-Zufuhr einerseits und der Menge der Wassereinspritzung andererseits läßt sich die erzeugte Wasserdampfmenge steuern, und dadurch wird die Impulsfolge des federbelasteten Auslaßventils gesteuert, da sich bei verstärkter Wasserdampferzeugung der zur Öffnung des federbelasteten Auslaßventils notwendige Druck schneller aufbaut.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Auslaß mittels eines mit einem Stellantrieb betätigbaren Auslaßventil versehen ist und daß im Verdampferraum ein Drucksensor angeordnet ist, der beim Überschreiten eines bestimmten Druckes in dem Verdampferraum einer Steuerung ein Signal zuführt, welches zur Öffnung des Auslaßventils führt. Das Auslaßventil kann entweder dann für einen bestimmten Zeitraum geöffnet bleiben, oder es wird vorgesehen, daß beim Unterschreiten eines bestimmten Druckwertes im Verdampferraum das Ventil über die Steuerung wieder geschlossen wird.

Die nachfolgende Beschreibung der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Längsschnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer die Reaktionskammer in Form von Ringräumen konzentrisch umgebenden Verdampferkammer und einer Dralldüsengegeneinspritzung für das zugesetzte Wasser;

Figur 2 eine Ansicht ähnlich Figur 1 eines abgewandelten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit radialer Einspritzung des Wassers in die Reaktionskammer;

Figur 3 eine schematische Längsschnittansicht eines Beispiels eines Dampferzeugers mit einer porösen Reaktionskammerinnenwand;

Figur 4 eine Längsschnittansicht des Auslaßbereichs eines Dampferzeugers mit einem federbelasteten Auslaßventil und

Figur 5 eine Ansicht ähnlich Figur 4 eines magnetbetätigten Auslaßventils mit Drucksensorsteuerung.

Der in Figur 1 dargestellte Dampferzeuger umfaßt eine zylindrische, langgestreckte Reaktionskammer 1 mit einer abgeschlossenen Stirnwand 2, die eine zentrale Einlaßöffnung 3 aufweist. Diese steht mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Einblas- und Zündelement in Verbindung, welches ein zündfähiges Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch herstellt und in die Reaktionskammer 1 einleitet. Dieses zündfähige Gasgemisch wird in der in der Zeichnung nicht dargestellten Zündeinrichtung gezündet, so daß

es im Inneren der Reaktionskammer 1 unter Bildung von hochoberhitztem Wasserdampf reagiert. Das Reaktionsprodukt ist bei Verwendung einer stöchiometrischen Gasgemischung reiner Wasserdampf.

In der Wand 4 der Reaktionskammer 1 verlaufen achsparallele Kanäle 5 mit geringem Querschnitt, die mit einem am stromaufwärtigen Ende der Reaktionskammer 1 angeordneten, mit einem Wassereinflaß 6 versehenen Ringraum 7 in Verbindung stehen. Diese Wasserkanäle können über den Umfang verteilte, diskrete Kanäle sein, die Kanäle können auch durch einen die Reaktionskammer umgebenden Ringspalt gebildet sein, wobei dann die Innenwand und die Außenwand der Reaktionskammer über die in der Zeichnung nicht dargestellten Stege miteinander verbunden sind. Speziell in dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel umgeben die Kanäle 5 die Innenwand der Reaktionskammer 1 wendelförmig. Zu diesem Zweck kann die Außenwand der Reaktionskammer ein Gewinde tragen, über welches eine Hülse 21 geschoben ist, die dicht an den einzelnen Gewindegängen anliegt und dadurch einen wendelförmigen Kanal ausbildet.

Die Kanäle 5 münden am stromabwärts gelegenen Ende der Reaktionskammer in einen weiteren Ringraum 8, aus dem ein schräg zur Reaktionskammerlängsachse verlaufender Kanal 9 austritt, der in eine Dralldüse 10 in der verschlossenen Stirnwand 11 der Reaktionskammer 1 eintritt. Die Dralldüse ist dabei konzentrisch zur Reaktionskammer 1 angeordnet und weist einen rotations-symmetrischen Hohlraum 12 auf, in den der Kanal 9 derart exzentrisch eintritt, daß durch ihn in den Hohlraum strömendes Medium um die Längsachse der Dralldüse in Drehung versetzt wird. Auf dieser Längsachse ist der Hohlraum 12 über eine zentral angeordnete Einspritzöffnung mit dem Inneren der Reaktionskammer 1 verbunden, so daß das aus dem Hohlraum 12 austretende Wasser entgegen der Gasströmungsrichtung in der Reaktionskammer in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers 14 in die Reaktionskammer eingespritzt wird, wobei sich das eingespritzte Wasser an die Innenwand der Reaktionskammer anlegt und diese zusätzlich kühlt.

Die Reaktionskammer 1 wird von einem sich über deren gesamte Länge erstreckenden Ringraum 22 umfassen, der koaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Er steht über Radialkanäle 23 mit dem stromabwärts gelegenen, von der Stirnwand 11 verschlossenen Ende der Reaktionskammer 1 in Verbindung.

Der Ringraum 22 ist seinerseits von einem weiteren Ringraum 24 umgeben, der ebenfalls koaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Am stromaufwärts gelegenen Ende des Dampferzeugers sind der innere Ringraum 22 und der äußere Ringraum 24 über Drosselkanäle 25 miteinander verbunden, die einen gegenüber den Ringräumen kleinen Strömungsquerschnitt aufweisen.

Der äußere Ringraum 24 verjüngt sich im Bereich der konisch ausgebildeten Stirnwand 11

ebenfalls konisch und mündet in den Auslaß 17 ein, an den ein geeigneter Verbraucher angeschlossen werden kann.

Der innere Ringraum und der äußere Ringraum bilden dabei eine Verdampferkammer, diese ist also in zwei Schalen koaxial um die Reaktionskammer 1 herumgelegt, so daß insgesamt eine sehr geringe Baulänge des Dampferzeugers möglich wird. Trotzdem kann in den beiden als Verdampferkammer wirkenden Ringräumen eine vollständige und gleichmäßige Verdampfung des flüssigen Wassers und eine Homogenisierung des Dampfes erfolgen, wobei die Drosselkanäle 25 in der oben bereits beschriebenen Weise durch Erzeugung unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten zu dieser Homogenisierung beitragen. Das in den Kanälen 5 geführte Wasser kann wegen des gegenüber dem Verdampferraum erhöhten Druckes in der Regel auch eine Temperatur annehmen, die über der des zu erzeugenden Dampfes liegt. In diesem Ausführungsbeispiel wird deshalb vom überhitzten Wasser der Kanäle 5 über die Hülse 21 zusätzlich Wärme an das im Ringraum 22 strömende Wasser-Dampf-Gemisch übertragen und somit die Verdampfung des verbliebenen Wasseranteils gefördert.

Im Betrieb des Dampferzeugers wird ein entzündbares, vorzugsweise stöchiometrisches Gasgemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff in der Reaktionskammer zu Wasserdampf verbrannt. Durch die Kanäle 5 geleitetes Wasser kühlt dabei die Wand der Reaktionskammer ab und heizt sich selbst dabei stark auf. Der Durchsatz des Kühlwassers und der Druck in den zu den Einspritzöffnungen führenden Zuleitungskanälen werden so gewählt, daß zumindest ein Teil des zugeführten Wassers im flüssigen Zustand verbleibt, wobei jedoch durch die Wärmezufuhr aus der Reaktionskammer so viel Energie in das Wasser zugeführt ist, daß es bei der Entspannung im Bereich der Einspritzdüsen spontan in den Dampfzustand übergeht, ohne daß dazu weitere Energiezufuhr aus den heißen Brenngasen notwendig wäre. Vorzugsweise erhält man also in der Nähe der Einspritzöffnungen ein Zweiphasengemisch, welches beim Austritt in die Reaktionskammer spontan in den Dampfzustand übergeht.

Das Zweiphasengemisch wird im Gegenstrom in die heißen Reaktionsgase in der Reaktionskammer eingespritzt, wobei durch die Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und die anschließende Entspannung in der Reaktionskammer große Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dampfförmig aus den Einspritzöffnungen austretendem Wasser und flüssigem Wasser auftreten. Diese Strömungsdifferenzen fördern die Verdampfung des flüssigen Wassers. Dieser Effekt wird auch durch die heißen Reaktionsgase und die Gegenstromeinspritzung zusätzlich gefördert.

Anschließend gelangt die Mischung aus flüssigem und gasförmigem Wasserdampf in den aus den beiden Ringräumen gebildeten Verdampferraum, wobei durch den engen Querschnitt erneut eine Vergrößerung der Geschwindigkeit dieses Zweiphasengemisches eintritt. Durch die Ent-

spannung im Verdampferraum treten wieder große Geschwindigkeitsdifferenzen sowie eine spontane Verdampfung des flüssigen Restanteils auf. Auf diese Weise wird das Wasser bis zum Auslaß des Verdampferraumes vollständig verdampft, so daß homogener Wasserdampf in den anschließenden Verbraucher eintreten kann. Dieser Wasserdampf durchströmt den als Drosselquerschnitt ausgebildeten Auslaß 17 üblicherweise kritisch. Die Temperatur des ausströmenden Dampfes kann je nach Anwendungszweck auch nur geringfügig über der Siedetemperatur liegen, diese Temperatur kann niedriger sein als die Temperatur des aus der Dralldüse in die Reaktionskammer eingespritzten Zweiphasengemisches.

Der beschriebene Dampferzeuger kann sehr geringe bauliche Abmessungen haben und ist insbesondere auch für die verzögerungsfreie Bereitstellung von Heißdampf wählbaren Zustands auf oder oberhalb der Siedelinie in einem niedrigen Leistungsbereich geeignet, beispielsweise bei einer Leistung von 1 bis 500 kW thermisch. Mit diesem Dampferzeuger ist sowohl ein kontinuierlicher als auch ein intermittierender Betrieb bei konstantem Zustand aber auch bei veränderbarem Dampfzustand und variabler Leistung möglich.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 2 gleicht dem der Figur 1 weitgehend, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der der Figur 1 lediglich dadurch, daß den Ringraum 8 radial nach innen gerichtete Einspritzöffnungen 26 mit dem Innenraum der Reaktionskammer 1 verbinden, während die in der Stirnwand 11 angeordnete Dralldüse fehlt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Wasser aus den Kanälen 5 somit am stromabwärtigen Ende der Reaktionskammer radial in diese eingespritzt.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Beispiel ist die Innenwand 32 der Reaktionskammer 1 aus einem porösen Sintermetallrohr aufgebaut, so daß die Kanäle 5 über die Poren dieses porösen Innenwand unmittelbar in die Reaktionskammer münden, das heißt die Poren wirken als Einspritzöffnungen für das in den Kanälen 5 erhitzte Wasser. Dabei erfolgt ein Austritt im wesentlichen in dem stromabwärts gelegenen Teil, in dem das Wasser durch Temperaturerhöhung teilweise in Dampf umgewandelt ist. Durch das austretende Dampf-Wasser-Gemisch wird infolge der Strömungsgeschwindigkeit im Reaktionsraum entlang dessen Wand ein Kühlfilm gebildet, der diese Wand vor zu hoher Erwärmung schützt, hierbei Wärme aufnimmt und vollständig verdampft.

Bei diesem Beispiel schließt sich der Verdampferraum stromabwärts an die Reaktionskammer an. Die erfindungsgemäß Lösung sieht dagegen vor, daß, entsprechend den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2, die Reaktionskammer von koaxialen Verdampferkammern umgeben wird.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Auslaß 17 durch ein federbelastetes Tellerventil 40 verschlossen, welches unter

der Wirkung einer Druckfeder 41 gegen einen sich nach außen hin erweiternden Ventilsitz 42 gedrückt wird. In der Darstellung der Figur 4 ist der Auslaß 17 durch das Tellerventil 40 verschlossen. Das Tellerventil 40 kann gegen die Wirkung der Druckfeder 41 vom Ventilsitz 42 abgehoben werden, so daß Wasserdampf aus dem Auslaß 17 am Tellerventil 40 vorbei zu seitlich angeordneten Auslaßöffnungen 43 gelangen kann, die zu einem Verbraucher führen, beispielsweise der Sterilisationsanlage einer Konservenverpackanlage.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 5 ist der Auslaß 17 ebenfalls mittels eines Tellerventils 40 verschlossen, daß jedoch nicht federbelastet den Auslaß verschließt, sondern mittels einer Betätigungsvorrichtung zwischen der Schließstellung und der Offenstellung verschoben werden kann. Die Betätigungsvorrichtung kann beispielsweise eine Magnetspule 44 sein, die von einer Steuerung 45 zwischen der Offenstellung und der Schließstellung umgesteuert wird. In dem stromaufwärts des Ventils angeordneten Bereich des Auslasses 17 ist ein Drucksensor 46 angeordnet, der über eine Steuerleitung 47 mit der Steuerung 45 in Verbindung steht. Überschreitet der vom Drucksensor 46 festgestellte Druck einen bestimmten Wert, gibt die Steuerung 45 ein das Ventil öffnendes Signal an die Magnetspule 44, die dann entweder für einen bestimmten Zeitraum das Ventil offen hält oder das Ventil dann schließt, wenn der vom Drucksensor 46 festgestellte Druck unter einen bestimmten Schwellwert gefallen ist.

Sowohl mit der Ausführung der Figur 4 als auch mit der Ausführung der Figur 6 können intermittierend Dampfimpulse erzeugt werden, deren Impulsfolge und Impulslänge durch die Wasserdampfherstellungsrates gesteuert werden können, die ihrerseits wieder abhängt von der Zufuhr des Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoff-Gemisches und der Menge des eingespritzten Wassers.

#### Patentsprüche

1. Dampferzeuger mit einer Heißgasreaktionskammer (1), die von einem im wesentlichen stöchiometrischen Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff durchströmbar ist, welches in der Reaktionskammer (1) zu Wasserdampf reagiert, mit Kühlkanälen (5) für Wasser in der Wand (4) der Reaktionskammer (1), die über als Drossel wirkende Einspritzöffnungen (13; 26) mit der Reaktionskammer (1) in Verbindung stehen, und mit einer der Reaktionskammer (1) nachgeschalteten Verdampferkammer (22, 24), mit der die Reaktionskammer (1) über eine Strömungsverengung (25) in Verbindung steht, wobei die Verdampferkammer als die Reaktionskammer (1) koaxial umgebender Ringraum (22, 24) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer (1) verbundenen inneren Ringraum (22) und einen dazu nachgeschalteten, ebenfalls koaxial zur Reaktionskammer (1) angeordneten, äußeren Ringraum (24) umfaßt und daß zwischen

den beiden Ringräumen (22, 24) die Strömungsverengung (25) angeordnet ist.

2. Dampferzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (5) die Reaktionskammer (1) wendelförmig umgeben.

3. Dampferzeuger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer (1) gerichtet sind.

4. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) Teil einer Dralldüse (10) sind, in die die Kühlkanäle (5, 9) so exzentrisch einmünden, daß das Zweiphasengemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer (1) in Rotation versetzt wird.

5. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle (5) durch die Poren eines porösen, die Reaktionskammer (1) umgebenden Einspritzkörpers (Sintermetallrohr 32) gebildet werden.

6. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferraum (Ringräume 22, 24) über einen Auslaß (17) mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist.

7. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferraum (22, 24) über einen intermittierend verschließbaren Auslaß (17) an einen Dampfverbraucher anschließbar ist.

8. Dampferzeuger nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (17) mittels eines federbelasteten Auslaßventils (40, 42) verschlossen ist, das beim Überschreiten eines bestimmten Druckes des Wasserdampfes in dem Verdampferraum (22, 24) entgegen der Wirkung seiner Feder (41) in die Offenstellung verschiebbar ist.

9. Dampferzeuger nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Auslaß (17) mittels eines mit einem Stellantrieb (Magnetspule 44) betätigbaren Auslaßventil (40, 42) versehen ist, und daß im Verdampferraum (22, 24) ein Drucksensor (46) angeordnet ist, der beim Überschreiten eines bestimmten Druckes in dem Verdampferraum (22, 24) einer Steuerung (45) ein Signal zuführt, welches zur Öffnung des Auslaßventils (40, 42) führt.

#### Revendications

1. Générateur de vapeur comprenant une chambre de réaction à gaz chauds (1) qui peut être parcourue par un mélange sensiblement stoechiométrique d'hydrogène et d'oxygène, qui réagit dans la chambre de réaction (1) en formant de la vapeur d'eau, des canaux de refroidissement (5) pour la circulation de l'eau ménagés dans la paroi (4) de la chambre de réaction (1) qui sont en communication avec la chambre de réaction (1) par l'intermédiaire d'orifices d'injection (13; 26) qui se comportent comme des étranglements, et une chambre de vaporisation (22, 24)

située en aval de la chambre de réaction (1), avec laquelle la chambre de réaction (1) est en communication par l'intermédiaire d'un rétrécissement d'écoulement (25), la chambre de vaporisation présentant la forme d'un compartiment annulaire (22, 24) qui entoure coaxialement la chambre de réaction (1), caractérisé en ce que la chambre de vaporisation comprend un compartiment annulaire intérieur (22) relié directement à la chambre de réaction (1) et un compartiment annulaire extérieur (24), raccordé en aval du premier compartiment, lui aussi disposé coaxialement à la chambre de réaction (1), et en ce que le rétrécissement de l'écoulement (25) est intercalé entre les deux compartiments annulaires (22, 24).

2. Générateur de vapeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les canaux de refroidissement (5) entourent la chambre de réaction (1) en hélice.

3. Générateur de vapeur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les orifices d'injection (13) sont dirigées en sens inverse du sens de l'écoulement des gaz de réaction dans la chambre de réaction (1).

4. Générateur de vapeur selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les orifices d'injection (13) font partie d'une buse à jet giratoire (10) dans laquelle les canaux de refroidissement (5, 9) débouchent dans des positions excentrées de telle manière que le mélange à deux phases soit mis en rotation avant son injection dans la chambre de réaction (1).

5. Générateur de vapeur selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les orifices d'injection et, du moins en partie, les canaux de refroidissement (5) sont formés par les pores d'un corps d'injection poreux (tube en métal fritté 32) qui entoure la chambre de réaction (1).

6. Générateur de vapeur selon une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la chambre de vaporisation (compartiments annulaires 22, 24) peut être raccordée à un consommateur de vapeur par une sortie (17) possédant une section d'écoulement réduite.

7. Générateur de vapeur selon une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la chambre de vaporisation (22, 24) peut être raccordée à un consommateur de vapeur par l'intermédiaire d'une sortie (17) qui peut être obturée par intermittence.

8. Générateur de vapeur selon la revendication 7, caractérisé en ce que la sortie (17) est fermée au moyen d'une soupape de sortie (40, 42) chargée par ressort, qui peut être amenée à sa position d'ouverture, à l'encontre de l'action de son ressort (41) lorsque la pression de la vapeur d'eau dans la chambre de vaporisation (22, 24) devient supérieure à une certaine pression.

9. Générateur de vapeur selon la revendication 8, caractérisé en ce que la sortie (17) est munie d'une soupape de sortie (40, 42) pouvant être actionnée au moyen d'un actionneur (bobine d'électro-aimant 44) et en ce que, dans la chambre de vaporisation (22, 24), est disposé un capteur de pression (46) qui, lorsque la pression

dans la chambre de vaporisation (22, 24) devient supérieure à une certaine valeur de pression, envoie à une commande (45) un signal qui provoque l'ouverture de la soupape de sortie (40, 42).

## Claims

1. Steam generator with a hot-gas reaction chamber (1) through which a substantially stoichiometric mixture of hydrogen and oxygen is able to flow, which mixture reacts in the reaction chamber (1) to form water vapour, with cooling channels (5) for water in the wall (4) of the reaction chamber (1), which communicate with the reaction chamber (1) via injection openings (13; 26) acting as throttles, and with a vaporization chamber (22, 24) which is located downstream of the reaction chamber (1) and with which the reaction chamber (1) communicates via a flow constriction (25), the vaporization chamber being formed as annular space (22, 24) coaxially surrounding the reaction chamber (1), characterized in that the vaporization chamber comprises an inner annular space (22) directly connected to the reaction chamber (1) and an outer annular space (24) located downstream thereof and also arranged coaxial to the reaction chamber (1) and in that the flow constriction (25) is arranged between the two annular spaces (22, 24).

2. Steam generator according to Claim 1, characterized in that the cooling channels (5) surround the reaction chamber (1) in spiral fashion.

3. Steam generator according to Claim 1 or 2, characterized in that the injection openings (13) are oriented against the direction of flow of the reaction gases in the reaction chamber (1).

4. Steam generator according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the injection openings (13) are part of a swirl nozzle (10) into which the cooling channels (5, 9) lead in such an eccentric manner that the two-phase mixture is made to rotate before injection into the reaction chamber (1).

5. Steam generator according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the injection openings and at least partly the cooling channels (5) are formed by the pores of a porous injection body (sintered metal pipe 32) surrounding the reaction chamber (1).

6. Steam generator according to one of Claims 1 to 5, characterized in that the vaporization space (annular spaces 22, 24) can be connected via an outlet (17) with reduced flow cross-section to a steam user.

7. Steam generator according to one of Claims 1 to 6, characterized in that the vaporization space (22, 24) can be connected via an outlet (17) which can be closed intermittently to a steam user.

8. Steam generator according to Claim 7, characterized in that the outlet (17) is closed by means of a spring-loaded outlet valve (40, 42) which can be displaced into the open position against the action of its spring (41) when a given

pressure of the water vapour in the vaporization space (22, 24) is exceeded.

9. Steam generator according to Claim 8, characterized in that the outlet (17) is provided with an outlet valve (40, 42) which can be actuated by means of an actuator (magnet coil 44) and in

that a pressure sensor (46) is arranged in the vaporization space (22, 24), which sensor supplies a signal to a control device (45) when a given pressure in the vaporization space (22, 24) is exceeded, said signal resulting in opening of the outlet valve (40, 42).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

7

Fig.1

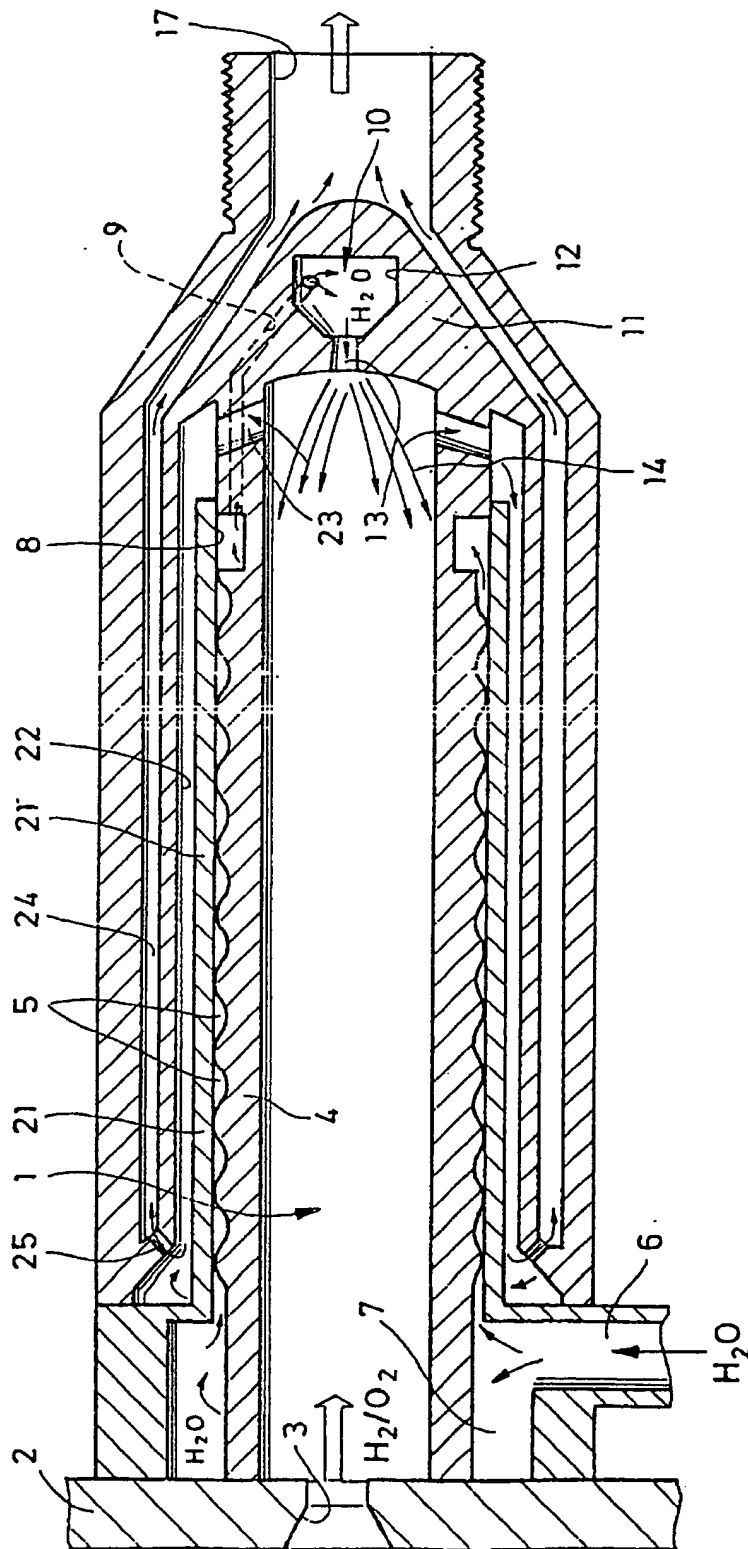




Fig.2

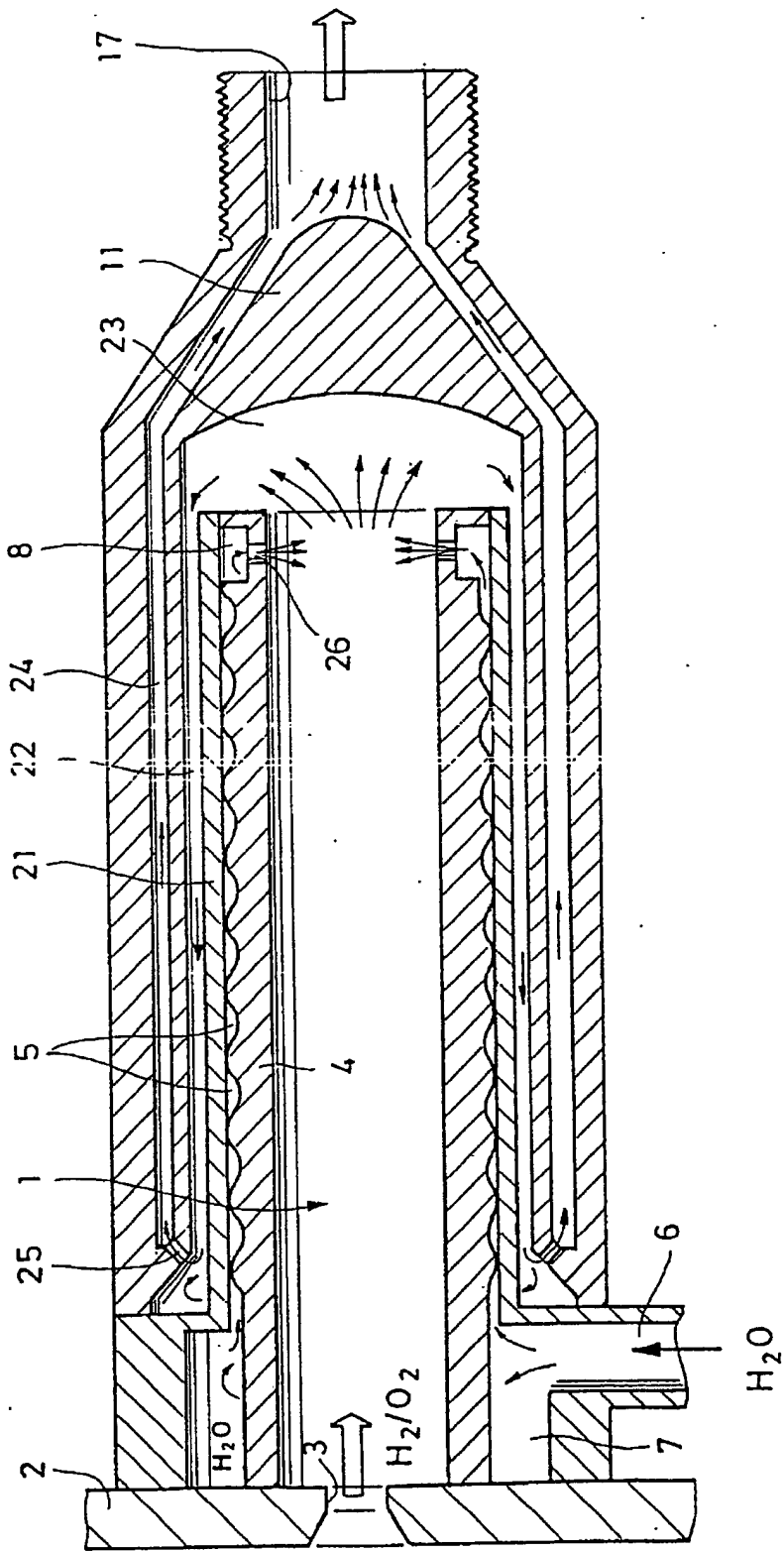


Fig.3

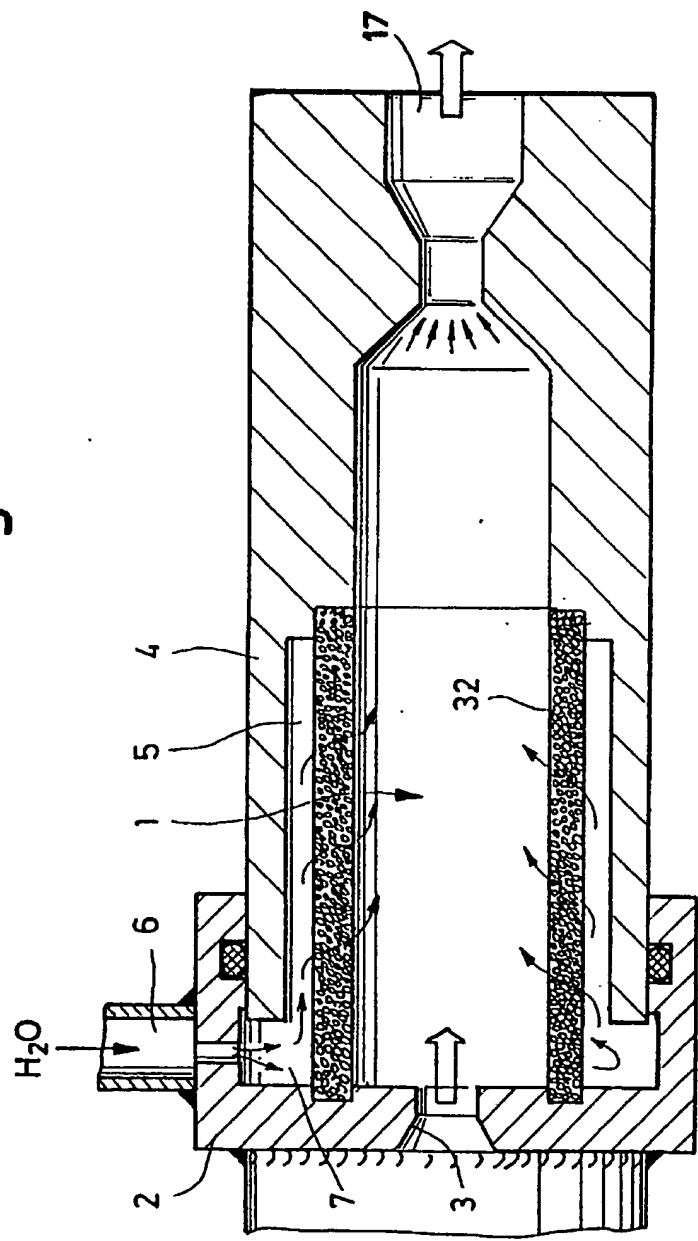


Fig.4

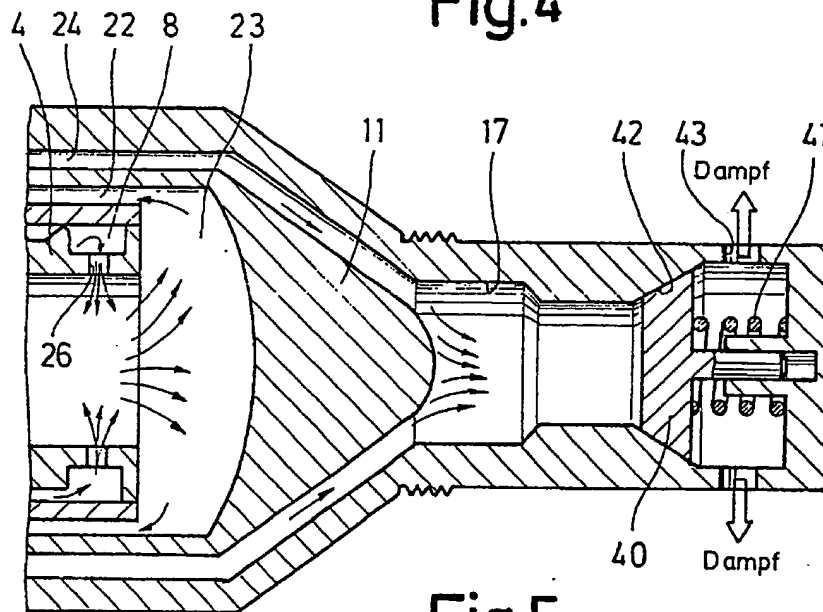


Fig.5

